



Professor J W White CMG, FAA, FRS

Telephone: +61 2 6125 3578

Facsimile: +61 2 6125 4903

Email: jww@rsc.anu.edu.au

**RESEARCH SCHOOL OF CHEMISTRY**

Australian National University  
Canberra ACT 0200 Australia

〒305-0801 つくば市大穂 1-1  
J-PARC プロジェクトディレクター  
永宮正治教授殿

2003年4月10日

第2回 J-PARC 国際アドバイザー委員会報告書について

永宮教授殿、

国際アドバイザー委員会は、今回もまた、J-PARC 計画の視野の広さと、このすばらしい計画に対する両機関の取り組みに強い感銘を受けました。計画において重要なこの時期に詳細な情報を委員会に提供してくれたディレクター及びプロジェクトチームの寛大な態度と、計画のいろいろな制限の下で最適の結論を得るためにどのような選択肢があるのかに関する議論に彼らが参加してくれたことは、委員会の議論を進める上で非常に役に立ちました。

今回の委員会の提言は、以下のようにまとめられます。

- この計画の当初目標が実現されること、リニアックのエネルギーが 400 MeV となることが最優先である。
- 遺跡調査による遅延と、委員会からの提言により第1期を早期完結させるために目標を絞ることは、上記の目標や日本が世界をリードしているニュートリノ実験を可能な限り早く実現することへの助けになるかもしれない。
- しかし、物質生命科学の実験装置と原子核物理学をも加えた大きなユーザーコミュニティなしでは、この計画の真価を全て達成することは不可能であろう。当委員会は、プログラム間でのバランスをとるために適切な優先順位が設定されるべきことを提言する。

委員会は、計画の予算状況が厳しいことをよく認識しており、他のいろいろな財源に対する予算要求がなされようとしていると聴いて力づけられました。当委員会は、そのような予算要求を強く支持します。これに関しては、それに応じた研究職・技術職の人員増が必要となります。原研と KEK の双方が、この点に関して助力を惜しまないようお願いします。

核廃棄物の核破砕反応の助けによる破壊に関しては国際的な強い関心が持たれており、現在日本において進められている研究に加えて、この研究の多くの局面においてより緊密な国際的協力体制を組むような方向があるのではないかと委員会で指摘されました。当委員会は、次回までに、そのような国際協力の具体例を検討し、いくつかの選択肢が

示されるよう提言します。委員会の委員のなかには J-PARC での計画のために助力できる立場にあるものもいます。

あなたとプロジェクトチームの皆さんの御助力に関し、もう一度感謝します。

敬具

委員長 John White (Chairman)

## 第2回 J-PARC 計画国際アドバイザー委員会報告書

2003年3月10 - 11日開催

筑波於

# 目次

目次.....	2
答申の骨子.....	3
加速器施設.....	7
リニアックのエネルギー.....	7
人的資源.....	8
信頼性の基準.....	8
原子核素粒子物理学.....	9
総論.....	9
NP ホールと物理プログラム.....	9
ニュートリノビームと実験.....	10
他の素粒子原子核実験.....	11
中性子科学.....	11
ミュオン施設.....	12
J-PARC 核変換研究(ADS).....	13
総論.....	13
所見及び勧告.....	14
結論.....	15
提言のまとめ.....	16
付録 1.....	17
委員リスト.....	17

## 答申の骨子

日本原子力研究所と高エネルギー加速器研究機構の J-PARC 計画ディレクターの下の国際アドバイザー委員会は、2003 年 3 月 10-11 日に KEK で会合を持ち、東海研究所の建設現場を視察した。

前回の委員会以来、加速器テクニカルアドバイザー委員会(A-TAC)が二回(2002 年 5 月、2003 年 3 月)、中性子テクニカルアドバイザー委員会が 2002 年 10 月に一回開催された。また、ミュオン科学実験施設委員会が 2003 年 2 月に開かれ、原子核素粒子実験施設委員会も 2003 年 3 月終わりに開催されようとしている。

本委員会の前回 2002 年 3 月の報告書や 2002 年に開催された上記の各委員会に対するディレクター及びプロジェクトチームの対応や、2002 年と 2003 年に起こった計画変更に関する新しい情報について、今回の委員会において審議した。

当委員会は、ディレクター及びプロジェクトチームが与えてくれたこれらの変更に関する詳細な情報と議論に対し感謝する。

2002 年の第 1 回委員会の報告書では、

*“ 当委員会は、この計画により、日本は多くの分野において世界のリーダーとなる機会を得ることになると考える…。更に、委員会は、加速器や最初に出来上がる実験装置の建設において、たとえ実験装置や可能な実験の数が制限されとしても、「世界級標準」レベルを維持するという方針が採られることを提言する。プロジェクトディレクターは、本施設の運用開始の初日から実験プログラムの最新の成果が世界の注目を浴びるものとなるよう、生み出される成果の重要性に応じて実験プログラムが計画に取り込まれるよう配慮すべきであると委員会は提言する。 ”*

と述べたが、これらのコメントは今も正しく、委員会は 2002 年のこの提言を再び提言するものである。

本委員会は、J-PARC 計画の重要な特徴は、研究の最前線にある 3 つの科学分野においてユニークな研究を可能とするように施設が組み合わされていることにありと強く感じる。これは、よく考えられた協調的な施設の概念設計によってもたらされている。この考え方をサポートする立場から、委員会は 7 つの提言を、各々多少の説明を加えながら、ここにまとめる。詳細については、この報告書の本文に示すものである。

**提言 1 : 委員会は、J-PARC にとって最優先で取り組むべきなのは、400 MeV リニアックの実現のために時間が必要なようにいろいろな制限がいくつかの段階においてあるにしても、当初計画されていた全施設を実現させることにありと提言する。**

**注記:** この助言を強調する意味で、委員会はまた、現在プロジェクトチームが直面している様々な選択肢のなかからどれを選ぶべきかを提案する。この計画は、2002 年の第 1 回委員会でも述べたように 3 つの主要目標において傑出した世界の最先端をゆく加速器計画である。その 3 つとは、

- (1) 原子核素粒子物理学-(ニュートリノ物理が最優先)
- (2) 中性子散乱とミュオンプローブによる物質生命科学
- (3) 核破砕反応による核廃棄物の破壊に関する研究

である。

委員会は、この3つの目標には変更の必要はないと考える。むしろもう一度強調しておきたい。その上で、プロジェクトチームが現在直面している選択肢のなかで以下のような選択を提案する。これらの選択のいくつかは、容易ではなく、原研と KEK の間で1・2年に亘る習練と密接な協力が必要となろう。これらの問題は、3 GeV RCS の物理的大きさを拡張しそれに伴う費用増といった 2002 年に採られた適正な決断により生じている。提案は以下のことに係わるものである。

- 第1期の早期完成;
- 適切な予算措置に基づくニュートリノ振動実験の第2期から第1A期への先行;
- リニアックのエネルギー回復プログラムを変更して、400 MeV を最初の段階での初期目標と見直すこと;
- 最近になって発見された塩田跡の考古学調査のために 50 GeV リング関連の建設スケジュールを見直すこと;
- 原研と KEK によって、明瞭な管理体制とユーザーや共同研究者に対する簡便で一元的なインターフェースに向けた決断がなされ、計画に関する国内的、国際的な協力関係を助長すること;
- J-PARC 計画での核消滅研究をはっきりとさせること

**提言2: 委員会は、本計画の第1期が、以下に述べる優先順位を考慮しながらできるだけ早急に完成すべきことを提言する。**

注記: 第1期を出来る限り早急に完成させることは、J-PARC 計画の全体に活力と科学の成果をもたらすこととなるであろう。今回の塩田発見や 3 GeV リングで必要となったアップグレードのように、予想しなかったことによる計画の遅れは、ほとんどの大型プロジェクトにおいて起こるものであり、諸外国では「偶発危険準備金」と呼ばれるものによって対応されている。J-PARC のような大計画においては、計画の勢いを失することは、例えばニュートリノ物理において日本における発見成果に追いつこうとするような活発な国際競争の上では問題であり、あるいは、国際協力においてその進め方やスケジュールが不定となって国際的な興味を失うことに繋がりがねない。これらの問題を避けるために、プロジェクトチームがその立派で勤勉なる仕事によって本委員会に示したように計画がその勢いを十分持っている現時点において、計画を練り補助的予算を獲得するための最大限の努力を払うことを勧める。

**提言3: 委員会は、ニュートリノ振動実験を追加予算により第1期とすることを提言する。このことは、この分野における国際協力に対してははっきりとした信号を送ることとなるだろう。**

注記: ニュートリノ振動物理は、現在大きな科学的興味を持たれているこの分野において、世界をリードする実験が J-PARC において行うことが出来る分野である。ニュートリノ振動実験を第2期から第1A期へと先行させることは、日本政府による強いサポートがあることを世界に知らしめることとなる。ニュートリノ物理の理解において日本が卓越していることには疑いがない。ニュートリノの波動関数の位相混合という証拠によってニュートリノが質量を持つということが発見されたのは、大きな話題となっている。J-PARC の 50 GeV 大強度陽子ビームは、この物理を研究し CP の破れを最も根本から理解する上で世界で最も適した施設となるであろう。このニュートリノプログラムを進めるということは、更に J-PARC 計画への人員が必要となり、約 160 億円と見積られる追加予算が必要となる。しかし、既に Letter of Intent(LOI)が提出されている約 45 名の日本人研究者とカナダ、中国、フランス、イタリア、韓国、ポーランド、ロシア、スペイン、スイス、英国、米国からの約 110 名の研究者による国際協力をすぐに惹き付けることが期待される。

第1期を早期にスタートさせニュートリノ振動実験へ高エネルギー陽子ビームを与えるための一つの方法は、3 GeV リングの拡張のために必要となった費用を賄うために今回の委員会に提示された「回復プログラム」を実施することであろう。この「回復プログラム」では、3 GeV RCS へのリニアック陽子エネルギーは 181 MeV しかなく、3 GeV リングの運転モードを変更する必要がある、中性子ビームの研究計画には回復できない損失を与えるものとなる。委員会は、計画全体のバランスを崩すという点から、この選択には賛成できない。

**提言4: 委員会は、リニアックエネルギー低下による J-PARC 全体性能に対する潜在的な負の影響は大きなリスクであり受け入れがたいと強く感じる。そこで、400 MeV というリニアックエネルギーを RCS のビームコミッショニング時期までに回復するという案を考えることを提言する。**

注記: 委員会は、3 GeV RCS の大パワーでの安定な運転を保证するためにその物理的な大きさを拡張しなければならなかった事情を理解し支持するものである。また、予算上リニアックエネルギーを 181 MeV にまで下げなければならなかった理由も理解する。しかし、委員会は、400 MeV へのリニアックエネルギー回復プログラムは、陽子加速の第1段階での初期目標とすべきであると強く感じる。これが委員会による提言である。委員会は、181 MeV という選択は好まない。この問題は、当委員会の直前に開催された加速器テクニカルアドバイザー委員会でも議論された。我々は、このためには 85 億円の追加予算が必要であろうことを聴かされたが、400 MeV のリニアックエネルギー回復によって、ニュートリノ物理、中性子散乱による物質・生命科学、核消滅研究という計画にもたらす利益の大きさは非常に重要であると考えられる。これらの旗印となる研究計画を維持することは、日本が高い優先度を持ち続けるべきものである。

今回の委員会で、J-PARC 計画では、最初に設置される設備の品質に関しては「妥協なし」の原則が採られるべきであるという意見があったことから、この提言に高い優先順位を与える。10年、15年後には、この加速器は今では考えつかないような利用が考えられるかもしれない。このような価値は、その当初基本性能によって決まってくる。また、あらゆる加速器性能の品質において、国際的な研究者が不安をもつということは避けるべきである。

**提言5: 委員会は、この計画のパートナーである原研と KEK がプロジェクトディレクターと協力して、施設の運転、利用費、訪問者に対する原則、例えば装置建設などの投資に対する見返り、国内外の研究機関との覚え書き締結などの様々な側面に対し一つの運営組織を考えることを提言する。**

注記: 委員会は、国内的にまた国際的にもトップに立つ施設として J-PARC を立ち上げようという原研と KEK の努力を評価する。委員会の委員の多くは、国内外からの参加者を最大限とするように、このような施設の創設や運営に係わってきた経験をもっている。委員会は、J-PARC の運営と利用のルール作りの現状は、潜在的なユーザーや実験提案者たちがスムーズに参加できるようにはまだなっていないと認識する。

J-PARC 施設完成後の組織と管理の問題について議論が進行中である。原研と KEK の合同委員会において、J-PARC の運転開始時の運営体制についていくつかの案が検討されている。しかし、この問題は、初期の実験計画や実験施設の選択にも関連している。KEK の法人化や原研のサイクル機構との統合を控えていることが明らかにこの議論を遅らせている訳であるが、ユーザーが相手にすべき J-PARC の組織が出来るだけ早くはつきりとするのが最も重要だと考える。

委員会は、ディレクターが 2002 年のうちに多くのプログラム諮問委員会を立ち上げ、その委員会が活動してきたことを推賞する。たくさんの LOI が寄せられたことは研究者コミュニティにとって意義深いものであるが、もっとやらねば成らないことがある。J-PARC は、ひとつの口ゴを持つべきではないかと考えられる。このことは、原研と KEK の興味を損なうことには成らないであろう。そのような体裁上の問題は、より複雑な多国間組織である CERN や ILL においてす

らうまくいっている。ユーザーは、一つの成功した研究所へと至る複雑な政治的プロセスを知る必要はないが、例えばプロポーザルの審査や予算獲得に関する一律のプロセスが保証される必要がある。この提言は J-PARC においては早すぎるという議論もあるかもしれないが、できるだけ明瞭にするという方針は、共同利用施設の運営においてよい方針であると思われる。

初期の実験プログラムの選定は、まず科学的重要性から判断されるべきである。しかし、現時点では、これがどのように行われるのかははっきりしない。早い内に、LOI から正式なプロポーザルへと至る道筋を示すべきである。実験施設や実験に対する予算措置のシナリオがはっきりしていないため、科学的重要性よりも装置の入手しやすさ等によって決定されがちである。正式な実験プロポーザルを審査するために、国際プログラム諮問委員会を設置すべきである。これまでに立ち上げられた諮問委員会は、そのような科学の優先度を付けるためではなく、施設の建設に関する助言をするものとなっている。審査の最終過程においては、本委員会が J-PARC 全体の広い科学分野間のバランスについて助言を与えることになるだろう。

**提言6: 委員会は、プロジェクトチームが中性子散乱実験装置の計画を立てるに当たって主導的役割を果たし、出来る限り広いユーザー層が長期に亘って興味を持ち続けられるように、潜在的な投資ユーザーたちと緊密に連絡を取りながら散乱装置のバランスのとれた全体計画を作成することを提言する。**

注記: 世界をリードするこの施設の利用を最大限にするには、全体の装置を計画を立てて建設を進めていくことが必要である。プロジェクトチーム内のリーダーシップによって、最も効果的にこれが達成されるということは、世界的にみて明らかである。

**提言7: 委員会は、J-PARC 計画における消滅処理技術開発の目標を再確認すべきであり、国際的な流れのなかで、より広い視野での分離/変換と核燃料サイクルにおける ADS システムに関するはっきりとした理解の下で実行されるべきであると提言する。**

注記: 計画されている原研とサイクル機構の統合は、最新の分離技術、核燃料技術、炉心技術、ADS などの、分離/変換のあらゆる側面における研究・開発・デモンストレーションを含む国際的な規模での計画的・統合的先進核燃料サイクル計画を立案するまたとない機会を日本に与えるものである。



## 加速器施設

J-PARC プロジェクトは、最新鋭の陽子加速器群の上に成り立っている。それらは、400MeV のリニアック、3GeV の速い繰り返しシンクロトロン、そして 50GeV のシンクロトロンである。2つのシンクロトロンは、非常に高い平均電流を出すようにデザインされている。3GeV のシンクロトロンのビームパワーは 1MW、50GeV からは、0.75MW がデザイン値である。何れも、今日世界で稼働中の加速器を上回る性能を目指している。

加速器の設計と建設の現状については、加速器テクニカルアドバイザリー委員会 (A-TAC) によって審査された。この委員会は、当委員会の直前の 2003 年 3 月 7,8 日に開かれた。いくつかの審査結果について、本委員会に報告があった。過去一年間に渡って、多くの進展があったことが明らかにされたが、特に次の点について明記する。

- すべての加速器について性能評価がなされ、設計が完了した。
- 加速器コンポーネントの発注が始まり、おおよそ 50% の製作が進行中である。
- 東海サイトにおいて、施設建設が始まった。
- 文化財発掘調査により、50GeV リングの完成は始めの計画に比べて、6-12 ヶ月遅れる見通しである。
- プロジェクトのコスト増に対処するため、リニアックのエネルギーを当初の設計である 400MeV から 181MeV に下げて運転を開始する提案を行った。当初の設計に復帰するために、85 億円の追加を見込んだプランが示された。
- 過去一年間に、19 人 (約 17%) のスタッフが新たに加わった。

### リニアックのエネルギー

最も影響のある提案は、リニアックの出射エネルギーを当初 181MeV から始める変更である。プロジェクトチームの試算によれば、この変更により 3GeV リングのビームパワーは減少し、0.4-0.6MW になる。この値は、50GeV リングへのビーム供給を無視した場合であり、それを考慮すると 3GeV ユーザーへ供給されるビームパワーは 0.32-0.48MW となる。50GeV リングは、3GeV リングのビームパワー減少をほぼ回復するような運転方法が練られた。しかし、入射付近で強い空間電荷効果があり、この新しい運転方法にはいくつかの未解決問題も残っている。最もうまくいった場合、400MeV にリニアックのエネルギーが回復するのは 2008 年になる。

本委員会は、リニアックの出射エネルギーが下がることにより、J-PARC プロジェクトで当初予定されていた性能が半減する可能性が極めて高いと判断した。委員会はこれは受け入れがたいリスクであると確信し、次のような提言を行う。

委員会は、リニアックの出射エネルギーが下がることによる、J-PARC プロジェクトに対する影響は、あまりに大きなリスクであり受け入れがたい。従って、3GeV リングのコミッショニング開始までに、リニアックのエネルギーを 400MeV に回復させるプランを確立するよう提言する。

昨年の提言にも盛り込まれていたが、いくつかの点について、マネジメントが引き続き検討すべき項目を示す。特に、次の 2 点は強調すべき項目である。

## 人的資源

加速器グループリーダーによれば、加速器施設を建設するために約 200 名のスタッフが必要であると昨年報告された。過去一年間、スタッフの数は約 110 名から約 130 名に増加している。こうした増加は評価できるが、プロジェクトを成功させるために要求な人数と現スタッフの数を近づける方法が、依然、明らかでない。委員会は、次の提言を繰り返し表明する。つまり、プロジェクトマネジメントは、プロジェクトを成功させるために、十分な人的資源を確保するための方策を確立すること。そうした方策を確立する際に、マネジメントは、運転の際に必要なスタッフの数を想定すると同時に、加速器分野で新たな人材を育成する機会としてもとらえること。運転のプランをざっと見渡したところ、プロジェクトを運転し維持するのに必要なスタッフは、現在の人員を越えている。

## 信頼性の基準

この施設のユーザは、加速器運転に対して高い信頼性を期待していると、容易に想像する。予定された運転時間に対して、使用可能な運転時間の割合を定義したとき、その値は約 95% を目指すであろう。しかしながら、そうした高い信頼性の要求が加速器グループに伝わっておらず、プロジェクトのプランにも明言されていない。委員会は、昨年に引き続き、そうした信頼性の基準を確立し、公式に加速器グループに伝えるよう提言する。

# 原子核素粒子物理学

## 総論

委員会に示された J-PARC で行う素粒子原子核物理の課題は、固定標的の原子核素粒子物理を追求する実験において、この研究施設を世界をリードする地位に置くことになるであろう。この分野は、新たな発見のチャンス、あるいは既に確立されている科学領域ではあるが測定を続けるチャンスが、復活しつつある分野である。想定されている実験のスペクトルには、ハイパー核の物理、K 中間子やミュー粒子の稀な崩壊、そして近い未来における特に重要な新しい分野であるニュートリノ振動が包含される。これらのプログラムへ我々が持つ科学的なビジョンは明瞭であり、現在進められている技術面での計画・設計の手順は、この目標に向けた適切かつ精力的なものである。しかし、委員会の見るところでは、全般的な予算の制約、ならびにある数の特定の実験を採択し、予算のサポートを行うという計画の進め方に関連する幾つかの問題により、このビジョンが危うくなり始めている。例をあげると、最初の一次ビームライン（"A ライン"）は、初期の K 実験ホールのビームラインのための従来通りの設備と結び付けられ予算化されようとしているが、その一方では NP 実験ホールでの二次ビームラインの計画は、現時点ではまだ不確定であると見られるし、最初に実施されるある数の物理実験の建設のサポートに対するはっきりした計画がない。さらに留意すべきことに、ニュートリノのビームが第一期計画には全く含まれておらず、J-PARC がニュートリノ実験を第一期に加えるべく出した追加予算の申請は、政府によって却下された。次に素粒子原子核物理プログラムのある部分についてコメントする。

2002 年度ノーベル物理学賞が小柴昌俊教授に授与されたことで、日本におけるニュートリノ物理の実験プログラムが、21 世紀初頭において世界をリードする立場にあることが証明された。この優位な立場は、スーパーカミオカンデ検出器の建設と運転が、1990 年代に日本でなされたことによりもたらされ、またその後やはり日本のカムランド実験が重要な貢献をしたことにも依っている。このようにトップランナーとしての地位に到達しているため、J-PARC の施設は、スーパーカミオカンデ検出器と合わせて、この先十年に亘るニュートリノ物理において、世界のリーダーシップを維持し続けるであろう。さらに注目すべきは、ニュートリノ振動が初期宇宙の進化に大きな影響を与えることについての理解が最近の理論研究で深まったことで、ニュートリノ系での CP 不変性の破れの確定を含むニュートリノ系の持つ全ての数値パラメータを決めることに、素粒子論と宇宙論のコミュニティーがこの先 10 年に亘り、関心を持ち続けるであろうということである。陽子の標的を 4MW に将来増強することが必要ではあるが、この全プログラムは現在計画されている J-PARC のニュートリノ計画で叶えられるものである。

K 中間子やミュー粒子の稀崩壊の実験プログラムも同じく、もし J-PARC の研究者が想定しているビームラインと実験施設が予定通りに実現するならば、今後十年間、世界の実験プログラムに主導的役割を果たす位置にいる。これらのプログラムの科学的価値の将来的見通しについては、次のセクションで意見を述べる。発展しつつあるハイパー核物理、それは長年にわたり日本の研究者が優位を占めてきた分野であるが、そこにも J-PARC 施設が第二期計画へと充実されるに従って、同様に興味深い実験プログラムが存在する。この種の実験に対しては、ビームラインと実験設備を開発し、実験の建設計画を整理して適切に行うことが必要になるであろう。

## NP ホールと物理プログラム

K 中間子ビームを用いてのストレレンジネス物理は、原子核物理と素粒子標準模型の幾つかの鍵となる分野へ、重要な洞察を与えてくれることを約束している。J-PARC で提案されている施設は、これらの物理を比類ない感度と精度とで遂行しうるに十分な強度の二次 K 中間子ビームを供給す

べく長年待望されていた K 中間子工場を、それぞれの科学分野のユーザーコミュニティにはっきりと思い出させてくれる。K 中間子稀崩壊は標準模型の疑いの余地のない明瞭なテストと、さらに J-PAERC で期待できるビーム強度をもっては、その鍵となるパラメータの幾つかを定量的に測定する可能性を提供する。強い K 中間子ビームはまた、これまで到達し得なかった大量のハイパー核、すなわちストレンジネスが零と異なる原子核の生成に通じ、それにより強い相互作用の基礎理論すなわち量子色力学 (QCD) の基準的テストへと導く。

科学のコミュニティが J-PARC を如何に絶好の機会と期待しているかは、J-PARC ディレクターによる最初の呼び掛けにたいして提出された感銘的な数々の Letter of Intent(LOI)によっても実証されている。これらの LOI は、2002 年の秋にこれらを深く議論するために引き続いて開かれたワークショップとともに、強力な国際的な参加を通して、このプログラムへの幅広く世界的な関心が存在することを強固に証明している。このことは、会議中委員会メンバーに配られた LOI を纏めた分厚いレポートと、その広範な著者リストによっても委員会には明らかであった。

このような定量的で精密な測定への無類の見通しも、しかし実験装置へ向けての相応の努力があって初めて実現されるであろう。委員会はこれらの実験設備に向けての設計・試験、及び R&D の現状を示された。発表は 50 GeV、15 マイクロアンペアの遅い取出しビームに計画されている NP ホールに重点が置かれた。相当量の仕事が、最大運動量 1.8 GeV/c の二段分離で大立体角の K 中間子ビームラインについて既に行われた。多くの設計作業が、非常にバックグラウンドに敏感な高放射線レベルの環境で 0.75MW のビームパワーをコントロールするというとてもない要求条件を満たすために、生成標的、コリメータそしてビームダンプについて実施された。これらのデザインの多くは完了、あるいはその最終段階へ近付きつつある。

しかし、実験のための実際の分光器や測定器を設計・開発しそして製作するためには、まだ多くの仕事が必要である。電磁石コイルの試作機の製作が、放射線損傷に耐性のある MIC、すなわち無機質高電力ケーブルを用いて実施された。また発表では、複数の平行して同時に走る実験に一つの共通標的を使用する可能性に関して、いくつかの考察が述べられた。これは将来の中性 K 中間子稀崩壊にあてはまるものと我々は理解する。

当委員会は、実験設備の計画の多くの部分は、外部の参加を得て推進しなければならないと考える。これは望むらく、ある部分のコスト分担にも寄与するであろう。(委員会は、世界中の研究所から多くの種類の中古磁石を集めてくる事業で J-PARC チームが成功していることに、満足の意を表して注目したい。それらは恐らくは分光器として使い道があるであろう。)しかし、委員会は同時に、J-PARC プログラムのこの類いの立案での主要な進展には、J-PARC 施設内部からの相当な努力と資金投資を要するものと感じる。本委員会は、K 中間子崩壊とハイパー核プログラムの実験設備の、より詳細で更新された計画が次の会議に提示されることが有用であると考える。

## ニュートリノビームと実験

西川教授は、J-PARC でのニュートリノ振動現象の次世代実験の計画を、現在知られていないパラメータ  $\theta_{13}$  の決定と、既に知られている  $\Delta m_{32}^2$ 、 $\sin^2 \theta_{23}$  という他のパラメータ測定の精度の向上とに重点を置いて発表した。CP の破れのパラメータ  $\delta$  の決定は、ターゲット出力 4MW の達成により、実際的な時間スケールで反ニュートリノのランが追加されうようになるこのプログラムのより後の段階でのみ実施し得る。この重要な素粒子物理の目標に賛成する 11ヶ国 51 研究所の 144 人の物理学者が署名した LOI を我々は貰った。彼等は、現存し熟練した物理学者のコラボレーションによって運転されるスーパーカミオカンデ検出器を、陽子標的とニュートリノビームとが完成し次第、J-PARC ニュートリノ物理を開始するための重要な踏み台とすることを提案している。利用できる測定器の存在する場合は、ニュートリノ振動物理の非常に高い科学的な重要

性と相俟って、ニュートリノプログラムの第一期建設プログラムへの昇格を求める「答申の骨子」の我々の助言に至らせることとなった。

## 他の素粒子原子核実験

50 GeV 陽子ビーム施設は、素粒子物理および原子核物理における広いスペクトルの最先端研究の機会を提供する。このことは、強力で世界的なコラボレーションから最近 J-PARC へ提出された 30 件の LOI により証明されている。委員会は、この手続きとこれに続いたワークショップを迅速に企画したこと、さらにそれにより科学の目標と最初の実験提案とを文書にまとめたことに対し、J-PARC の執行部を賞賛したい。

現在提案されている実験プログラムは、(ニュートリノの他) K 中間子稀崩壊と偏極の実験、核中のストレンジネス(ハイパー核)とそれらの(弱い相互作用による)崩壊、及び正負 K 中間子ビームでの分光学的研究、対ミュオン生成、そして広義のハロド分光学を包含している。これは幅広いスペクトルである。最も有望な研究プロジェクトを如何に評価し、選択するかの手続きを明確に定める必要がある。これはまた、これらの実験を走らせるための非常に複雑な実験設備の準備が必要とされることを考慮すると、特に重要である。委員会は間もなく開催される原子核素粒子実験施設委員会(プレ-PAC)の議論を待ちたい。

J-PARC の執行部は会議の席上で、この手続きの次の段階を明確にすることが今後 1 年の優先課題であることを述べた。委員会はこれに全面的に同意し、その結果が次の会議で示されることを望む。

## 中性子科学

当委員会は、物質生命科学実験施設(MLF)における核破砕中性子源および実験装置に関する中間報告を受けた。この中で、MLF 施設群の細部にわたる技術計画とその実現化における際立った進捗を見ることができた。個別のシャッターを有するビームライン数を 23 本とし、うち 11 本は結合型減速材、6 本は非結合型減速材、そして 6 本はポイズン型減速材を使用している。Guenter Bauer 氏を議長とする日本核破砕中性子源(JSNS)テクニカルアドバイザリー委員会(N-TAC)は、当委員会のもとに、JSNS の技術的進捗を評価するために組織された。同委員会は、2002 年 10 月 28 日より 30 日まで東海村に会し、多くの勧告を行った。これに因ってプロジェクトチームは、水銀ターゲットにおける水銀の流れ、ターゲット遠隔操作のより現実的シナリオ、オルソーパラ水素変換器の大きさ、そして陽子ビームダンプ等にさらなる検討を加えている。

当委員会は、電磁衝撃試験機を用いた水銀ターゲット容器のピッティング損傷評価における実験の進行が優れていることを認める。例えば、容器表面の硬化処理は損傷を著しく抑え、ターゲット容器の寿命を実用的なものとしている。

装置選定手続きは整備されつつある。国際諮問委員会の「*ビーム供給開始後直ちに広範な領域にわたる装置群を整えられるように、翌年中にディレクターが優先度を設定するべきである*」という勧告に従い、プロジェクトディレクターは藤井保彦教授を議長とする装置計画検討委員会(NIPC)を組織した。2002 年 9 月、ディレクターは、中性子実験装置提案(LOI)を国内及び海外のグループに呼びかけ、2002 年 12 月 6 日の締め切りまでに、18 件の装置提案が受理された。その内 10 件は J-PARC プロジェクトチームから、7 件は日本のチームから、そして 1 件は国際的に組織されたチームからであった。これらの提案は、NIPC の下に設けられた 5 つの審査ワーキング

グループ(RWG)により審査されることになる。それぞれの RWG は科学的な価値、提案グループの科学的及び技術的能力などの面から、中性子実験装置提案を審査し評価する。審査は現在進行しており、今年の最終選定は 2003 年 4 月あるいは 5 月中に行われる。このような中性子実験装置提案の公募は毎年繰り返し行われることになっている。

N-TAC 勧告にも述べられているように、当委員会は、中性子実験装置群の開発を行うためのプロジェクト内部での予算調整に関心がある。プロジェクトチームによるユーザーコミュニティへの相談は、1996 年以來の多くの会合やワークショップを通じて行われ、いかなる基準と比較しても優れている。また、10 件のプロジェクトチームによる装置提案が証明しているように、プロジェクトチームの能力の高さは疑い無いものである。当委員会は、今現在、プロジェクト資金は全ての装置を建設するためには十分でないこと、そして様々なスポンサーから資金を探し求めなければならないことを認識している。しかしながら、当委員会は、本プロジェクト自身がリーダーシップを発揮して中性子散乱装置群の計画を統率し、潜在的な資金提供者に密接に働きかけることを勧告する。これにより、釣り合いのとれた実験装置群を建設し、可能な限り広範なユーザーコミュニティの知的要求に、長期間にわたり応えることが必要である。

当委員会は以下の事を憂慮している。(1)仮に陽子ビームパワーが本来の 1MW から 0.6MW に変更された場合 (181MeV リニアックシナリオ) の中性子源の性能における深刻な影響、(2)プロジェクトチームにおける装置資金の不足。

(1)は第 1 回の本委員会により設定された目標達成、及び国内のみならず国際的なユーザーにとって魅力的な施設となる上で大きな障害である。私たちは 400MeV リニアックを遅滞なく復帰させることを勧告する。

(2)「世界クラスの実験装置建設に非常に高い優先度を設定すること」および「ディレクターは装置のための資金を、予算的には、来年中に見出すこと」という先の勧告は重要である。とくにビーム供給開始第 1 日が近づくにつれ、より重要となったことを強調する。すべての装置を同時に建設することはできないので、提案装置実現の優先度を設定する計画を練り上げることを勧告する。

中性子散乱コミュニティにおいては、基幹となる中性子装置群は、ユーザーコミュニティのために施設側が整備するという国際的な通例がある。私的な財団による提案も、施設により制定された技術規格に従うものであれば歓迎されるものであり、かつ施設全体の科学的ビジョンを相乗作用的に高めるものである。しかしながら、実験装置の私的な財団による使用については、コミュニティと対立するものであり、使用方法は慎重に決定されるべきである。その際、J-PARC においては世界的レベルの能力を有する財団がアクセスをしていること、及び、私的な財団による装置利用は建設時、運転時そして継続的開発において、施設自身の技術的の高度化を必然的に引き出すものであることを考慮に入れる必要がある。

私たちは、JSNS に対する国際的な興味、参加、そして協力を進めるために、装置計画検討委員会が外国人メンバーを迎えることを勧告する。

## ミュオン施設

三宅氏が、ミュオン科学研究計画の基盤となる J-PARC に於けるミュオン施設の設計に関する報告を行った。大強度 3GeV、RCS のビームを用いたミュオン施設をデザインすべきだという本委員会の勧告に応じて、過去 1 年間の間、国際的なコミュニティとの間で活発な論議が繰り広げら

れた。その結果として、中性子源の上流に串刺し状にミュオンの薄膜標的を1組設置する（将来的には2組）という技術的な提案に基づいたミュオン施設の実現が検討されている。当初、20mm厚さの水冷グラフィイト標的を見込んで、最大4チャンネルの2次ビームラインが設けられる。従来のミュオンビームである崩壊ミュオン/表面ミュオン、大強度偏極表面ミュオン、高運動量の正負ミュオン、大強度低速ミュオンなどが得られる。これらのミュオンビームは、国内のみならず海外でも確立されたミュエスアール（ $\mu$ SR）法を用いた物質科学の数多くの研究計画に供される。 $\mu$ SR研究は、新しい材料を開発する研究者と密接にリンクしており、物質科学研究に於ける中性子コミュニティに補完的な測定手段を提供するであろう。ミュオン触媒核融合（ $\mu$ CF）の研究並びに量子電磁気学（QED）の検証、ミュオン原子・分子の生成、ミュオンの寿命測定などのミュオン基礎物理の実験計画もまた期待されている。

施設の技術的な観点からも、十分な開発研究がなされており、本年2月に行われたミュオン実験施設検討委員会でも、「日本国内並びに海外のユーザーコミュニティの要請を満足させ、且つユニークで新しい可能性を享受する事ができる力強い提案がなされている。」と結論づけられている。KEK-MSL施設で現在稼働している超伝導ビームチャネルを移行し、当初予算をなんとかやり繰りすることによって、1ラインだけではあるが、2次ビームラインが建設される予定である。

本委員会は、ミュオン科学実験検討（MUSAC）委員会からの以下の報告に賛同の意を表したい。標的、ビームライン要素の取り扱い、保守、遮蔽、安全上の制約などの、似通った技術的な課題に取り組んでいるJ-PARCの他のグループとともに、技術的な側面で連携し、設計努力を継続すべきである。また、ビームのパラメータの要求をJ-PARCのビーム制御チームに伝える何らかの手だてが、確立されなければならない。更には、このような施設から得られる先例のない大強度のフラックスのビームを用いた実験を可能とするためにも、測定機器の開発を強力に押し進めることを、今から始めなければならない。

現在KEKでコミッショニングがなされている“大オメガ”コンセプトに基づいた大立体角チャネルの開発を継続することにより、大強度の低速ミュオン、マイクロミュオンビームの実現に向けた非常に有望な道筋を示す事が出来るであろう。

当委員会は、当該ミュオン施設が、最先端の科学をいち早く実現するための高い潜在力を有している事を認めると共に、初期の段階からこのミュオン施設が稼働できるように最大限の努力を尽くすことをJ-PARCの執行部に勧告する。また、委員会は、運転開始時においてミュオン標的周辺の遮蔽を十分担保する予算が充当されていない事を認識している。この課題もまた指摘されるべきであろう。

## J-PARC 核変換研究(ADS)

### 総論

核変換研究は、J-PARCにおける3つの主目標の一つである。その予算状況（約6億円/年）と優先度は、物質生命科学(3 GeV)や原子核素粒子物理(50 GeV)と比べてかなり低くなっている。核変換研究に関して、本委員会は、他の国内での研究や国際的な技術開発をも視野に入れて研究計画をより強固なものとし、よりはっきりと位置づける必要があると認識し、勧告するものである。委員会は、今こそJ-PARCでの核変換研究の目標を達成できるような研究計画を策定すべきであると考えている。このことは、世界の分離/変換技術研究の分野に対し、J-PARCの核変換研究が最大限のインパクトを与えることを保証するものとなる。

## 所見及び勧告

### 所見

- 1) J-PARC において核変換研究を行うためには 400 MeV のリニアックが不可欠である。
- 2) 加速器駆動核変換システムは、分離 / 変換システムの一部でしかなく、より広い視野での核燃料サイクル系の一構成要素にすぎない。
- 3) 核変換技術開発の方向は、より広い視野に立った分離 / 変換技術と核燃料サイクル開発の流れの中で、ADS システムをはっきりと認識した上で、決められるべきである。この認識の下、J-PARC における ADS の技術開発とデモンストレーションに優先順位が定められるべきであり、それによって、技術者コミュニティと政策コミュニティの双方に対し、J-PARC での核変換研究の目標と意義をはっきりと認識させることができるであろう。
- 4) 計画されている原研とサイクル機構の統合は、最新の分離技術、核燃料技術、炉心技術、ADS などの、分離 / 変換のあらゆる側面における研究・開発・デモンストレーションを含む国際的な規模での計画的・統合的先進核燃料サイクル計画を立案するまたとない機会を日本に与えるものである。この立案を定期的に見直しながら、分離 / 変換技術における ADS の役割と、J-PARC での核変換研究の優先度をはっきりとさせるべきである。

### 勧告

- (A) 本委員会は、核燃料サイクル、安全、核破碎中性子源、炉心設計の専門家から成る J-PARC での ADS 研究の諮問及び評価グループを適切な時期に設置することを勧告する。このグループから、加速器技術開発や標的・未臨界炉の開発・利用、またこれも重要なこととして、他の分離 / 変換技術開発分野との連携などについて助言が受けられるものと期待する。
- (B) 来る 3 月 25, 26 日に日本で開催される ADS と分離 / 変換技術に関する研究会は、世界の分離 / 変換技術研究の中での J-PARC での核変換研究の果たす役割を探り、はっきりとさせる第一歩とすべきである。

最後に、本委員会は、2004 年の次回の委員会に、技術開発の成果だけでなく、J-PARC における ADS 技術開発の研究計画が示されることを要求する。



## 結論

国際アドバイザー委員会は、今回もまた、J-PARC 計画の視野の広さと、このすばらしい計画に対する両機関の取り組みに強い感銘を受けた。計画において重要なこの時期に詳細な情報を委員会に提供してくれたディレクター及びプロジェクトチームの寛大な態度と、計画のいろいろな制限の下で最適の結論を得るためにどのような選択肢があるのかに関する議論に彼らが参加してくれたことは、委員会の議論を進める上で非常に役に立った。

我々の提言は我々自身の議論と他の各諮問委員会からの助言に基づくものであり、簡潔に述べると次のようになる。この計画の当初目標全体が実現されること、リニアックのエネルギーが 400 MeV となることが最優先であるというのは、我々のはっきりとした見解である。遺跡調査による遅延と、第 1 期を早期完結させるために目標を絞ることは、上記の目標や日本が世界をリードしているニュートリノ実験を可能な限り早く実現することへの助けになるかもしれない。しかし、物質・生命科学の実験装置とその大きなユーザーコミュニティなしでは、この計画の真価を全て達成することはできないであろう。委員会は、計画の予算状況が厳しいことをよく認識しており、他のいろいろな財源に対する予算要求がなされようとしていると聴いて力づけられた。当委員会は、そのような予算要求を強く支持する。これに関しては、それに応じた研究職・技術職の人員増が必要となる。原研と KEK の双方が、この点に関して助力を惜しまないよう注意を喚起する。

核廃棄物の核破砕反応の助けによる破壊に関しては国際的な強い関心が持たれており、現在日本において進められている研究に加えて、この研究の多くの局面においてより緊密な国際的協力体制を組むような方向があるのではないかと委員会で指摘された。次回の委員会には、そのような国際協力の具体例をその相手国とともに検討し、いくつかの可能な協力例が示されることを期待する。委員会の委員のなかには J-PARC での計画のために助力できる立場にあるものもいる。

## 提言のまとめ

提言1：委員会は、J-PARC にとって最優先で取り組むべきなのは、400 MeV リニアックの実現のために時間が必要なようにいろいろな制限がいくつかの段階においてあるにしても、当初計画されていた全施設を実現させることにあると提言する。

提言2：委員会は、本計画の第1期が、以下に述べる優先順位を考慮しながらできるだけ早急に完成すべきことを提言する。

提言3：委員会は、ニュートリノ振動実験を追加予算により第1期とすることを提言する。このことは、この分野における国際協力に対してははっきりとした信号を送ることとなるだろう。

提言4：委員会は、リニアックエネルギー低下による J-PARC 全体性能に対する潜在的な負の影響は大きなリスクであり受け入れがたいと強く感じる。そこで、400 MeV というリニアックエネルギーを RCS のビームコミッショニング時期までに回復するという案を考えることを提言する。

提言5：委員会は、この計画のパートナーである原研と KEK がプロジェクトディレクターと協力して、施設の運転、利用費、訪問者に対する原則、例えば装置建設などの投資に対する見返り、国内外の研究機関との覚え書き締結などの様々な側面に対し一つの運営組織を考えることを提言する。

提言6：委員会は、プロジェクトチームが中性子散乱実験装置の計画を立てるに当たって主導的役割を果たし、出来る限り広いユーザー層が長期に亘って興味を持ち続けられるように、潜在的な投資ユーザーたちと緊密に連絡を取りながら散乱装置のバランスのとれた全体計画を作成することを提言する。

提言7：委員会は、J-PARC 計画における消滅処理技術開発の目標を再確認すべきであり、国際的な流れのなかで、より広い視野での分離/変換と核燃料サイクルにおける ADS システムに関するはっきりとした理解の下で実行されるべきであると提言する。

## 付録 1

### 委員リスト

当委員会の委員は以下のとおり。

ARTHUR, Edward	Senior Scientist, Los Alamos National Laboratory, USA. <a href="mailto:earthur@lanl.gov">earthur@lanl.gov</a>
CHEN, Jia'er	President, National Natural Science Foundation, China. <a href="mailto:chenjer@mail.nsf.gov.cn">chenjer@mail.nsf.gov.cn</a>
CHO, Yanglai	Technical Director, Spallation Neutron Source, USA. <a href="mailto:choy@sns.gov">choy@sns.gov</a>
FROIS, Bernard	Director the Department Energy, Transports, Environment and Natural Resources, Ministry of Research, France. <a href="mailto:bernard.frois@technologie.gouv.fr">bernard.frois@technologie.gouv.fr</a>
FUJII, Yasuhiko	Professor, Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo, Japan. <a href="mailto:yfujii@issp.u-tokyo.ac.jp">yfujii@issp.u-tokyo.ac.jp</a>
HENNING, Walter	Director , GSI, Darmstadt, Germany <a href="mailto:W.Henning@gsi.de">W.Henning@gsi.de</a>
HOLMES, Steve	Associate Director, Fermilab, USA. <a href="mailto:holmes@fnal.gov">holmes@fnal.gov</a>
KIRK, Tom	Associate Director, Brookhaven National Laboratory, USA. <a href="mailto:tkirk@bnl.gov">tkirk@bnl.gov</a>
KONDO, Shunsuke	Professor, Department of Engineering Science, The University of Tokyo, Japan. <a href="mailto:kondo@sk.t.u-tokyo.ac.jp">kondo@sk.t.u-tokyo.ac.jp</a>
PETITJEAN, Claude	Deputy Head, Laboratory of Particle Physics, Paul Scherrer Institute, Switzerland. <a href="mailto:claud.petitjean@psi.ch">claud.petitjean@psi.ch</a>
POUISSOU, Jean-Michel	Associate Director, TRIUMF, Vancouver, Canada. <a href="mailto:jmp@triumf.ca">jmp@triumf.ca</a>
SUZUKI, Atsuto	Dean, School of Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi 980-8578, Japan. <a href="mailto:suzukia@awa.tohoku.ac.jp">suzukia@awa.tohoku.ac.jp</a>
TAYLOR, Andrew	Director, ISIS, UK.

Andrew.Taylor@rl.ac.uk

WHITE, J.W.

Professor, Australian National University,  
Canberra, Australia, Chairman, National Committee  
for Crystallography, (Chairman)  
jww@rsc.anu.edu.au